

PCT

世界知的所有権機関

国際事務局



## 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 G05B 13/02	A1	(11) 国際公開番号 WO 92/05479  (43) 国際公開日 1992年4月2日 (02.04.1992)
(21) 国際出願番号 PCT/JP91/00051 (22) 国際出願日 1991年1月18日 (18. 01. 91)  (30) 優先権データ 特願平2/244834 1990年9月14日 (14. 09. 90) JP  (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 シーエスエイ (KABUSHIKI KAISHA GSK) [JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目6番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 高木 朗 (TAGAGI, Akira) [JP/JP] 〒184 東京都小金井市貫井南町3丁目6番30号 Tokyo, (JP) 阿部康昭 (ABE, Yasuaki) [JP/JP] 〒214 神奈川県川崎市多摩区栗谷3丁目1番地7号 Kanagawa, (JP) 中嶋 要 (NAKAZIMA, Kaname) [JP/JP] 〒106 東京都練馬区旭町2丁目21番地6号 Tokyo, (JP) 上中淳二 (UENAKA, Junji) [JP/JP] 〒275 千葉県習志野市谷津2丁目3番32号 Chiba, (JP) (74) 代理人 弁理士 村田幹雄 (MURATA, Mikio) 〒107 東京都港区赤坂4丁目3番1号 共同ビル赤坂401号 Tokyo, (JP)	(81) 指定国 AT (欧州特許), BE (欧州特許), CH (欧州特許), DE (欧州特許), DK (欧州特許), ES (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), GR (欧州特許), IT (欧州特許), LU (欧州特許), NL (欧州特許), SE (欧州特許), US.  添付公開書類 国際調査報告書	
(54) Title : INFERENCE CONTROL SYSTEM IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOT CONTROL SYSTEM  (54) 発明の名称 人工知能における推論制御方式及びロボット制御方式  (57) Abstract  When solving a problem, referring a knowledge base (4) for problem-solving and a meta knowledge base (5), a solution tree which analytically expresses a solution method of the problem is generated. An operation program which describes the procedure for executing the problem-solving by arranging execution functions positioned at ends of the solution tree in the execution order is produced and an inference engine (1) for executing the problem-solving in accordance with the procedure described in the operation program is provided. Thereby, when executing the problem-solving, an instruction can be executed by interruption between the executions of two execution functions constituting the operation program; and the capability of the problem-solving which reflects the result of recognition of the outside situation and the capability of interruption, break and resume of the program at any time can be realized to a high degree. The operation program produced is stored and retained in the knowledge base (4). Problems which can be solved with procedures similar to the one retained in the operation program are solved by the inference engine (1) according to the operation program. That is, problem-solving can be executed with a simpler processing quickly without repeating the same inference which is made to solve a problem previously.		

## (57) 要約

本発明の人工知能における推論制御方式及びロボット制御方式は、問題解決を行うにあたり問題解決用知識ベース(4)及びメタ知識ベース(5)を参照して問題の解法を解析的に示す解法の本を生成し、上記解法の本の終端に位置する実行関数を実行順に並べて上記問題解決を行うための処理手順を示す動作プログラムを生成し、上記動作プログラムに示した処理手順に従って問題解決を行う推論エンジン(1)を備えたため、問題解決の実行の際動作プログラムを構成する各実行関数の間ごとに命令の割り込みを行うことができ、外界状況の認識結果を反映した問題解決能力及び命令の随時割り込み・中断・再開能力を高度に実現することができ、また、生成した動作プログラムを問題解決用知識ベース(4)に記憶して保存し、該動作プログラムに示す処理手順と同様の処理手順で問題解決を行うことが可能な問題に対して、上記保存した動作プログラムに従って上記推論エンジン(1)が問題解決を行うことにより、過去に経験した問題解決を再度行う場合に、同じ推論を繰返すことなく、より簡単な処理で迅速に上記問題解決を行うことができる。

### 情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AT	オーストリア	ES	スペイン	ML	マリ
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	MN	モンゴル
BB	バルバドス	FR	フランス	MR	モーリタニア
BE	ベルギー	GA	ガボン	MW	マラウイ
BF	ブルキナ・ファソ	GI	ギニア	NL	オランダ
BG	ブルガリア	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	PL	ポーランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	RO	ルーマニア
CA	カナダ	IT	イタリア	SD	スーダン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	SE	スウェーデン
CG	コンゴ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SN	セネガル
CH	スイス	KR	大韓民国	SU <sup>+</sup>	ソビエト連邦
CI	コート・ジボアール	LI	リヒテンシュタイン	TD	チャド
CM	カメルーン	LK	スリランカ	TG	トゴ
CS	チェコスロバキア	LU	ルクセンブルグ	US	米国
DE	ドイツ	MC	モナコ		
DK	デンマーク	MG	マダガスカル		

<sup>+</sup> SUの指定はロシア連邦の指定としての効力を有する。しかし、その指定が旧ソビエト連邦のロシア連邦以外の他の国で効力を有するかは不明である。

- 1 -

## 明 細 書

## 人工知能における推論制御方式及びロボット制御方式

## 〔技術分野〕

本発明は、人工知能における推論制御方式及びロボット制御方式に関し、特に外界及び自己の状態を認識しつつ問題解決を行う推論制御方式及びこれに基づくロボット制御方式に関するものである。

## 〔背景技術〕

現在、人工知能の研究、開発は盛んに行われており、ロボットやその他の機械等の動作制御、あるいは診断、設計の支援に応用することが考えられている。

一方、人工知能の応用が期待される分野においては、動的な環境変化に随時自律的に対処できる能力が要求される場合が少なくない。そのような場合、人工知能による推論制御には特に以下の能力を備えることが期待されている。

## (1) 外界状況の認識結果を反映した問題解決能力

事前にプログラム等によって行動列を全て決定するのではなく、大まかなプランニングの後に、周囲の状況を取り込みつつ、その時の状況に合わせて行動を決定する能力。

## (2) 命令の随時割込・中断・再開能力

- 2 -

先に与えられた命令よりも優先度の高い命令を後から受け付けることを許し、先の命令を中断したり、割込命令終了後に先の命令の実行を再開する能力。

(3) 自然言語による入出力能力

自然言語による命令文入力及び応答出力をする能力。

ところで、上記の3つの能力を実現するため、予め問題解決用のプログラムを入力することなく推論によって問題解決を行う種々の推論制御方式が研究、開発されているが、従来の推論制御方式は一様に、個々の問題に対して、問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースより問題解決用知識や処理方法を読出して推論しながら問題解決を行うものであった。

しかしながら、上述した推論制御方式は、基本動作等のように同じ処理手順によってなされる問題解決を何度も繰返す場合にも、毎度同様に問題解決用知識や処理方法を読出して推論しながら問題解決を行うため無駄な処理が多く、このような場合により簡単な処理によって同じ問題解決を行う推論制御方式が望まれていた。

本発明の人工知能における推論制御方式は、上記従来の課題を鑑みてなされたものであり、過去に経験した問題解決を再度行う場合に、より簡単な処理で上記問題解決を行う手段を提供することを目的とする。

[ 発明の開示 ]

- 3 -

上記の目的を達成する第1項の発明は、制御手段としての推論エンジンと、自己の状態を監視する自己状態認識部と、外界の状態を監視する外部環境認識部と、問題解決用の知識ルールを格納した問題解決用知識ベースと、問題解決の実行方法及びデータ処理方法を示す情報を格納したメタ知識ベースとを有し、上記問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースの情報に従って問題解決を行い、上記自己状態認識部と外部環境認識部からの情報によって外界状況を認識する人工知能における推論制御方式において、上記推論エンジンは、上記問題解決を行うため上記問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースを参照して問題の解法を解析的に示す解法の本を生成し、上記解法の本の終端に位置する実行関数を実行順に並べて上記問題解決を行うための動作プログラムを生成し、上記動作プログラムに示した処理手順に従って問題解決を行うことを特徴とする。

これにより、問題解決の実行の際動作プログラムを構成する各実行関数の間ごとに命令の割込みを行うことができ、外界状況の認識結果を反映した問題解決能力及び命令の随時割込・中断・再開能力を高度に実現することができるという効果がある。

また、本発明は生成した動作プログラムを知識ベースに記憶して保存し、該動作プログラムに示す処理手順と同様の処理手順で問題解決を行うことが可能な問題に

対して、上記保存した動作プログラムに従って問題解決を行うことにより、過去に経験した問題解決を再度行う場合に、同じ推論を繰返すことなく、より簡単な処理で迅速に上記問題解決を行うことができる。

第2項の発明は、第1項の発明において、自己状態認識部と外部環境認識部と問題解決用知識ベースとメタ知識ベースと問題又は命令の入力手段とが推論エンジンに対して同等に位置し、上記推論エンジンは、動作プログラムを構成する実行関数を1つ実行する度に、上記自己状態認識部、外部環境認識部、問題解決用知識ベース、メタ知識ベースを巡回的に検索し、新たな情報や問題の入力を許容することを特徴とする。

これにより、動作プログラムを実行中に他の命令の割込みが容易となり、外界状況の認識結果を反映した問題解決能力及び命令の随時割込・中断・再開能力をさらに高度に実現することができるという効果がある。

第3項の発明は、第1項または第2項の発明において、動作データを入力する手段として自然言語入力手段を備え、自然言語による動作命令を入力することを特徴とする。

これにより、自然言語による入出力能力が飛躍的に向上するという効果がある。

第4項の発明は、ロボットの動作を制御する制御手段として問題解決を行うにあたり問題解決用知識ベース

及びメタ知識ベースを参照して解法の木を生成し、上記解法の木を終端に位置する実行関数を実行順に並べて上記問題解決を行うための処理手順を示す動作プログラムを生成し、上記動作プログラムに示した処理手順に従って問題解決を行う推論エンジンを備えたため、ロボットの動作を制御する動作プログラムを構成する各実行関数の間ごとに命令の割込みを行うことができ、外界状況の認識結果を反映した問題解決能力及び命令の随時割込み・中断・再開能力を高度に実現することができるという効果がある。

また、本発明は生成した動作プログラムを知識ベースに記憶して保存し、該動作プログラムに示す処理手順と同様の処理手順で問題解決を行うことが可能な問題に対して、上記保存した動作プログラムに従ってロボットの動作を制御することにより、過去に経験した動作と同様の動作を再度行う場合に、同じ推論を繰返すことなく、より簡単な処理で迅速に上記動作制御を行うことができる。

〔図面の簡単な説明〕

第1図は本発明の一実施例によるロボット制御方式のシステム構成を示すブロック図、

第2図は本実施例による問題解決手順を示す流れ図、

第3図は本実施例に用いる問題解決用知識ベースの内容を示す図、

第 4 図は本実施例に用いるメタ知識の内容を示す図、  
第 5 図は本実施例に用いる自己状態認識部の内容を示す図、

第 6 図は本実施例による問題解決の際作成される木構造のデータの一例を示す図、

第 7 図は第 6 図のデータより生成された解法の木を示す図、

第 8 図は第 7 図の解法の木より生成された動作プログラムに相当するフローチャートを示す図、

第 9 図乃至第 11 図は本実施例における動作プログラムの仕様を示す図である。

[ 発明を実施するための最良の形態 ]

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

なお、本実施例では推論制御方式を自律移動ロボットの動作制御に応用した例について説明する。

第 1 図は本発明の一実施例による推論制御方式のシステム構成を示すブロック図である。

図示のように、本実施例の推論制御方式は、制御手段としての推論エンジン 1 と、入力部として自己状態認識部 2 と、外部環境認識部 3 と、自然言語文解析部 6 と、問題解決部として問題解決用知識ベース 4 と、メタ知識ベース 5 とを備えると共に、出力部 7 を有している。

上記自然言語文解析部 6 は、与えられた自然言語文に



- 7 -

対して、形態素解析及び構文解析を行って概念記号をノードとする係り受け構造を抽出し、その結果をフレーム構造に変換したものを自然言語文解釈データとして推論エンジン 1 に送る。

なお、自然言語解析部 6 の形態素解析においては、従来の方法を用いることによって実現される。また、構文解析手段としては、文脈自由文法 (context free grammar) に基づく解析手段や、拡張遷移網 (augmented transition net) 等を利用して、概念記号をノードとし概念間の依存関係をアークとするような依存構造を抽出するものであれば何を用いてもよい。

ここで概念記号とは、特定の言語に依存せずに語の意味を表す記号である。例えば、日本語の“本”も、英語の“book”も、同一の概念を表す語であるので、これを例えば C BOOK のように概念記号で表現しておく。このことによって、形態素解析部及び構文解析部を変更するだけで、知識ベースを変更することなしに、システム全体を日本語や英語、フランス語等種々の言語に対応させることが可能である。

上記推論エンジン 1 は、入力されたデータから必要な情報を取り出し、問題解決のゴールを設定して必要な処理を行う。

上記問題解決用知識ベース 4 は、個別的問題を解決するための知識を条件－結果型、目的－手段型、時間・

順序型等のルール（以下、知識ルールと書く）に従って分類して格納する。この知識ルールの分類と実際の例を第3図に示す。

上記メタ知識ベース5は、問題解決の制御構造が問題のルールタイプに依存したものにならないようにするためのメタ知識を格納する。具体的には、各問題解決用知識の解釈及び実行方法や外界データ、自己データ、日本語文解釈データの処理方法を知識化したものである。メタ知識を制御構造の外に置いたため、制御構造が個別問題に依存することがなく、ある問題に関する処理の途中であっても外界認識による情報や、外部からの命令などの割込みが許されることとなる。メタ知識の実現によって、全く新しいタイプの問題解決用知識が必要になった場合でも、その知識の処理方法を示す知識ルールを、メタ知識として登録し、新しい問題解決用知識ベースを付加することにより、制御構造を変えることなく、システムを拡張することが可能となる。

問題のルールタイプとメタ知識の関係を第4図に示す。

上記自己状態認識部2は、ロボットの内部状態を示すスロットをフレームの形で有し、自己の状態がどのスロットに適合するか監視する。スロットの例とその内容を第5図に示す。

上記外部環境認識部3は、複数の座標系を備え、各座

標系の座標 1 つ 1 つに対してラベルを与えてあり、該ラベルをその座標上の物体に特有な値として格納する。ロボットは周辺をサーチし目指す物体のラベルが見つければ、その座標を読み取るという形で、単純に環境認識を行う。

上記出力部 7 は、推論エンジン 1 による問題解決の経過及び結果をグラフィクス表示及び推論過程表示によって出力する。

次に、本実施例の推論制御方式による問題解決手順を第 2 図に従って説明する。本実施例による問題解決は、図示の如く巡回的な処理過程に基づいてなされる。

まず自然言語文によって命令が入力されると、自然言語文解析部 6 がその命令を解析して自然言語文解釈データとして推論エンジン 1 へ送る。

以下、図に示す処理 1 乃至処理 5 ごとに、推論エンジン 1 の処理内容を説明する。

処理 1 においては、

「もし、自然言語文解釈データが新たに生成されたならば、その解釈データから行動の目標（ゴール）を生成し、その結果をゴール認識スロットと呼ばれる記憶領域に格納し、自然言語文解釈データがおかれていた領域はクリアする。」

という内容の処理を行う。

処理 2 においては、

「もし、ゴール認識スロットにゴールが存在しているならば、そのゴールを目的部とする知識ルールを問題解決用知識ベース4から検索し、知識ルールの内容とタイプをルールスロットと呼ばれる記憶領域に格納し、更にゴール認識スロットをクリアする。」

という内容の処理を行う。処理2においては、更に、

「もし、ルールスロットに知識ルールが格納されているならば、ルールタイプに応じたルール解釈用メタ知識をメタ知識ベース5より検索し、メタ知識スロットと呼ばれる記憶領域に格納する。」

という内容の処理を行う。

処理3においては、

「もし、メタ知識スロットにルール解釈用メタ知識が格納されているならば、メタ知識に従ってルールスロット内のルールを展開し、その結果を解法の本サブスロットと呼ばれる記憶領域に格納する。」

という内容の処理を行う。この処理の1回の実行では、多くの場合解法の本を生成することはできない。知識ルールは、ある目標を達成するための副目標（サブゴール）を表すものであり、その副目標が直ちに実行可能な動作を表す実行関数の場合と、更に別の知識ルールを用いて問題解決を進めなければならない場合がある。このため、後者の場合には別の知識ルールを用いることになり、メタ知識もそのルールタイプに応じたものが必要

- 11 -

になるということになる。従って、上記処理をすべての副目標の末端が全て実行関数になるまで巡回的に繰返し、それぞれの結果を組合わせることによって、問題の解法を解析的に示す一つの解法の木が生成される。これは、「もし、解法の木サブスロットに解法の木(1)がある場合、解法の木スロットと呼ばれる記憶領域にも解法の木(2)があるならば、解法の木(2)の適切な位置に解法の木(1)を挿入したものを新しい解法の木とし、無ければ解法の木(1)を新しい解法の木とし、新しい解法の木を解法の木スロットに格納して、解法の木サブスロットをクリアする必要がある。」

という内容の処理によって実現される。この際に、上記処理だけを連続して繰返すのではなく、推論エンジン1の1サイクルにつき1回だけ行うようにする。このため、解法の木生成の最中でも自己状態認識部2や外部環境認識部3の入力に基づく自己状態認識や外界環境認識が可能となり、解法の木生成に際して認識の結果を必要とするような知識ルールにも対応でき、また、その間に別の命令文を受け付けることも可能となる。

処理3においては、更に、

「もし、解法の木スロットに解法の木があり、かつ、その解法の木に未処理のサブゴールが無い、つまり、解法の木全ての末端が実行関数にまで展開されているならば、動作プログラムを作成して動作プログラムスロット

と呼ばれる記憶領域に格納し、解法の本スロットをクリアする必要がある。」

という内容の処理を行う。動作プログラムの作成に際しては、解法の本の作成のときと同じように推論エンジン 1 の 1 サイクルにつき 1 ステップずつ進めてもよい。しかし、動作プログラム作成には特に自己状態認識や外界環境認識は必要でなく、この間に割込みを許したとしてもあまりメリットが無いので、本実施例では、動作プログラム作成は一括で行う関数を用意してそれを呼び出して処理するという形で実現している。

処理 4 においては、

「動作プログラムスロットに動作プログラムがある場合、もし、その実行が完了していないならば、1 ステップずつ実行し、完了しているならば、動作プログラムスロットをクリアする必要がある。」

という内容の処理を行う。動作プログラムスロットの実行は、動作プログラムの先頭から順次動作内容を取り出して実行し、注視点を先へ進めていく。但し、ジャンプ命令の場合はジャンプ先へ注視点を移し、ラベルの場合は読み飛ばす。

処理 5 においては、

「もし、各認識スロットに値が無く、かつ、スタックされている（退避されている）認識情報があるならば、退避情報の最新のものを元にあった記憶領域に復帰させる

必要がある。」

という内容の処理を行う。また、目標達成の報告の必要があれば、ここで行う。

以下、本実施例の推論制御方式を備えた自律移動ロボットにある命令文が日本語で入力された場合の問題解決処理の具体例を示す。

例えば、次のような命令文が入力されたとする。

“自動販売機の前に行け。”

この文を受けた自然言語文解析部 6 は、この文に対して形態素解析を行う。その結果は次のようなものである。

自動販売機／の／前／に／行け／

形態素解析を終え、各形態素間の関係を考えて構文解析を行い、次のような係り受け構造をつくる。

C GO : 動詞 (意味情報: 行為)

(p dest) : 格助詞 (場所終点格)

C PFRONT : 名詞 (意味情報: 場所)

(KITAI) : 連体助詞 (基体属性)

C BEND M : 名詞 (意情報: 実体)

なお、係り受け構造は概念記号によって表されており、上記日本語文については“C BEND M”が“自動販売機”に、“C PFRONT”が“前”に、“C GO”が“行く”にそれぞれ対応する。

次いで、この係り受け構造を読み取り、その意味内容をフレーム構造で記述する。フレーム構造で記述する

- 14 -

ことにより、解析結果の形態が自然言語文の文体より受ける影響が少なくなる。フレーム構造で記述した結果は次のようなものである。

```
( doushi      (C GO      (意味情報 : 行為))
  meirei-flag          t
  basyo-syuuten      C PFRONT 0
  kakareru  nil )                . . . ( 1 )
( meishi      (C PFRONT   (意味情報 : 場所))
  kitai      C BEND M 1
  kakareru  nil )                . . . ( 2 )
( meishi      (C BEND M   (意味情報 : 実体))
  kakareru  nil )                . . . ( 3 )
```

このようにしてフレーム構造に変換された命令文は、次の推論エンジン 1 に渡される。

推論エンジン 1 では、まず処理 1 において命令文、質問文を解釈した結果のフレーム構造から、必要な情報を取り出し、ロボットにわかるゴールの形にすることを行う。上のフレーム構造からは、

```
(C GO :p dest C PFRONT :kitai C BEND M)
```

という形のゴールが生成される。

ゴールが生成されると、推論エンジン 1 は処理 1 乃至処理 5 を巡回しつつ、ゴールを達成するための知識ルールを問題解決用知識ベース 4 より検索し、メタ知識ベース 5 のメタ知識を利用してサブゴールを順次問題解決



-15-

することにより、最終的に解法の本を生成し、そこから動作プログラムを生成する。

まず、解法の本を生成する。このために目的－手段型知識ルールを格納する問題解決用知識ベース4から、ゴールに合致する目的部を持つ知識ルールを検索する（必ず一つだけ知識ルールが存在すると仮定する）。この例では、以下のような知識ルールが得られる。

ルール 1 :

(Rule-1 T-10D

(C GO :p dest C PFRONT

:kitai C BEND M)

((C KNOWN :d obj C LOCATE

:kitai C BEND M))

((C MOVE :p dest C PFRONT

:kitai C BEND M)))

なお知識ルールは概念記号で表記され、“C KNOWN”は日本語の“定まっている”に、“C MOVE”は日本語の“移動する”に対応する。

このルール1は、「“自動販売機の前に行く”というゴールを達成するためには、“自動販売機の場所がわかっている”というサブゴールが達成されている条件下で、“自動販売機の前に移動する”というサブゴールを達成すればよい。」ということを表す。《条件付実行動作命令型》の知識ルールである（第4図参照）。

- 16 -

この知識ルールはサブゴールを含んでいるので、そのサブゴールを達成するための別の知識ルールが必要である。

ルール 2 :

```
(Rule-2 T-01K
  (C KNOWN :d obj C LOCATE
    :kitai C BEND M)
  (OBJECT-POSITION C BEND M)
  ((C LOOK :d obj C LOCATE
    :kitai C BEND M)))
```

ルール 2 は、「“自動販売機 の 場所 が わ か っ て い る” というゴールを達成するためには、実行関数 OBJECT-POSITION (ロボット自身の記憶から物体の位置情報を得る関数) を起動し、その結果が n i l の場合には、“自動販売機 (の前) を目視する” というサブゴールを達成すればよい。」ということを表す。《無条件実行確認命令型》の知識ルールである。

ルール 3 :

```
(Rule-3 T-01D
  (C LOOK :d obj C LOCATE
    :kitai C BEND M)
  ((SEARCH POSITION C BEND M)))
```

ルール 3 は、「“自動販売機 (の前) を目視する” というゴールを達成するためには、実行関数 SEARCH

-17-

POSITION (ロボットの視覚ユニットを用いて、外界から物体の位置情報を得る関数) を起動すればよい。」ということを表す。《無条件実行動作命令型》の知識ルールである。

ルール 4 :

(Rule-4 T-01L

(C MOVE :p dest C PFRONT

:kitai C BEND M)

(SEARCH OBJECT C BEND M :len 0)

((CMOVE 1 :p org (get 'robot 'position)

:p dest C BEND M

:near t

:speed 'normal)))

ルール 4 は、「“自動販売機の前に移動する”というサブゴールを達成するためには、実行関数 SEARCH OBJECT (ロボットの視覚ユニットを用いて、物体が指定距離範囲内に存在するかどうかを判定する関数) が nil 以外になるまで、実行関数 CMOVE 1 (ロボットの歩行ユニットを作動させ、指定方向へ移動動作を行う関数) を繰返し起動すればよい。」ということを表す。

《無条件実行ループ命令型》の知識ルールである。

これらの知識ルールに従ってゴールを展開すると、第 6 図に示すように、ゴール、サブゴール、実行関数の階層的な関係を表す木構造データを得ることができる。

ここで、第 6 図 (a) はゴールを、第 6 図 (b) はルール 1 を適用した状態を、第 6 図 (c) はルール 2 を適用した状態を、第 6 図 (d) はルール 3 を適用した状態を、第 6 図 (e) はルール 4 を適用した状態をそれぞれ示す。

但し、実際には分岐や繰返し等の制御情報を付加することが必要である。どのような制御情報を付加しなければならないかは、ルールのタイプによって異なる。制御情報のうちのジャンプ命令を加える位置に印をつけた木構造のデータが解法の木である。

本実施例における解法の木を第 7 図に示す。図において、“rn” は “RETURN-TO-NEXT” (ジャンプ命令) を、“rb” は “RETURN-TO-BEFORE” (ジャンプ命令) を示す。解法の木が求められたら、これをもとにして動作プログラムを生成する。解法の木末端にある実行関数のほかに、ジャンプ命令を加える位置には適切なジャンプ命令、またジャンプ命令の飛び先を示すラベルを付け加える。

ここで、本実施例における動作プログラムの仕様について説明する。

システムが問題解決に際して生成する動作プログラムは、制御情報及び実行関数を要素とする不定長のリストである。

ここでいう制御情報とは、動作プログラム内部におけるジャンプ命令や、ジャンプ先を示すラベルなどのこと

である。本実施例における制御情報の一覧を第 9 図に示す（なお、図に示す num, num-A, num-B は正の整数を示す）。

また、実行関数とは、ロボットにとってのプリミティブな動作を表すものであるか、あるいはその組合せである。本実施例で設定している実行関数の一覧を第 10 図に示す。

なお、実行関数の範疇に入るものの、取扱い方法が若干異なるものがある。これをメタ関数と称し、本実施例では第 11 図に示す 3 種類を設定してある。

以上の仕様にに基づき、第 7 図に示す問題解決ルールについて生成した動作プログラムを以下に示す。

```
((001)
(OBJECT-POSITION C BEND M)
(RETURN-TO-NEXT 001)
(SEARCH POSITION C BEND M)
(001)
(001)
(SEARCH OBJECT C BEND M :len 0)
(RETURN-TO-NEXT 001)
(CMOVE 1 :p org (GET 'ROBOT 'POSITION)
      :p dest C BEND M
      :near t
      :speed 'NORMAL)
```

- 20 -

(RETURN-TO-BEFORE 001)

(001))

この動作プログラムに相当するフローチャートは、第 8 図に示すものとなる。なお、第 8 図中関数 1 は (OBJECT-POSITION C BEND M) に、関数 2 は (SEARCH POSITION C BEND M) に、関数 3 は (SEARCH OBJECT C BEND M :len 0) に、関数 4 は (CMOVE 1 :p org (GET 'ROBOT 'POSITION) :p dest C BEND M :near t :speed 'NORMAL) に対応する。

動作プログラムが生成されると、処理 4 において該動作プログラムが実行される。動作プログラムの実行は実行関数ごとに行われる。すなわち、実行関数を 1 つ実行する度に第 2 図に示す各処理を一巡し、その度に現在実行中の問題よりも優先して解決すべき問題（例えば、ある問題のゴールに対するサブゴールや、外部環境の変化に対応するための処理等）の入力を許容する。そして、入力が有れば、同様にその問題解決のための動作プログラムを生成して実行する。入力が無いときは、元の動作プログラムの次の実行関数を実行する。

以上の処理によって、ロボットは命令“自動販売機の前に行け”の実行を完了することとなる。本実施例において、生成した動作プログラムは、知識ベースに格納して新たな知識として保存される。そして、“自動販売機の前に行け”と同様の処理手順による問題解決、すな

- 21 -

わち、目的物の位置を確認して移動するというような問題解決を行う場合には、本実施例で生成した動作プログラムを知識ベースより検索して読出し、これに従って問題解決を行う。これにより、同じ処理や類似する処理を繰返し行う場合、その度ごとに同様の推論を繰返し、解法の本を生成するといった処理が不要となり、より迅速に問題解決を行うことができる。

## 請 求 の 範 囲

( 1 ) 制御手段としての推論エンジンと、自己の状態を監視する自己状態認識部と、外界の状態を監視する外部環境認識部と、問題解決用の知識ルールを格納した問題解決用知識ベースと、問題解決の実行方法及びデータ処理方法を示す情報を格納したメタ知識ベースとを有し、

上記問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースの情報に従って問題解決を行い、上記自己状態認識部と外部環境認識部からの情報によって外界状況を認識する人工知能における推論制御方式において、

上記推論エンジンは、上記問題解決を行うため上記問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースを参照して問題の解法を解析的に示す解法の本を生成し、

上記解法の本の終端に位置する実行関数を実行順に並べて上記問題解決を行うための動作プログラムを生成し、

上記動作プログラムに示した処理手順に従って問題解決を行うと共に、

生成した動作プログラムを記憶して保存し、該動作プログラムに示す処理手順と同様の処理手順で問題解決を行うことが可能な問題に対して、上記保存した動作プログラムに従って問題解決を行うことを特徴とする人工知能における推論制御方式。



( 2 ) 自己状態認識部と外部環境認識部と問題解決用知識ベースとメタ知識ベースと問題又は命令の入力手段とが推論エンジンに対して同等に位置し、

上記推論エンジンは、動作プログラムを構成する実行関数を 1 つ実行する度に、上記自己状態認識部、外部環境認識部、問題解決用知識ベース、メタ知識ベースを巡回的に検索し、新たな情報や問題の入力を許容することを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の人工知能における推論制御方式。

( 3 ) 動作データを入力する手段として自然言語入力手段を備え、自然言語による動作命令を入力することを特徴とする請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の人工知能における推論制御方式。

( 4 ) ロボットの動作を制御する制御手段としての推論エンジンと、自己の状態を監視する自己状態認識部と、外界の状態を監視する外部環境認識部と、問題解決用の知識ルールを格納した問題解決用知識ベースと、問題解決の実行方法及びデータ処理方法を示す情報を格納したメタ知識ベースとを有し、

上記問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースの情報に従って問題解決を行い、上記自己状態認識部と外部環境認識部からの情報によって外界状況を認識するロボット制御方式において、

上記推論エンジンは、上記問題解決を行うため上記

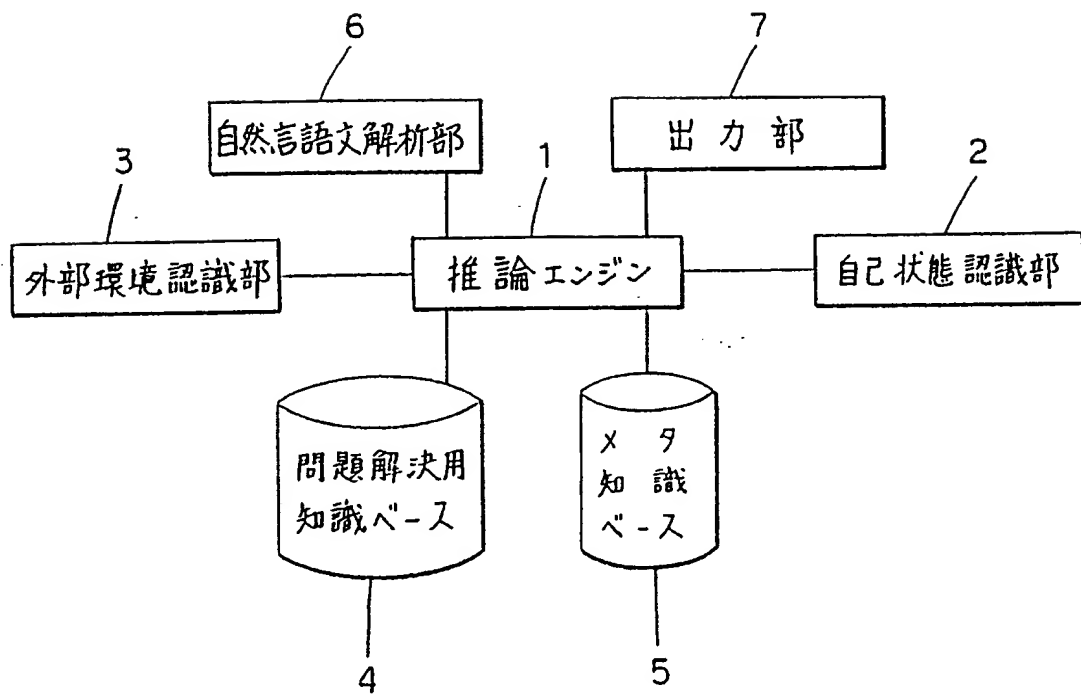
問題解決用知識ベース及びメタ知識ベースを参照して問題の解法を解析的に示す解法の本を生成し、

上記解法の本の終端に位置する実行関数を実行順に並べて上記問題解決を行うための動作プログラムを生成し、

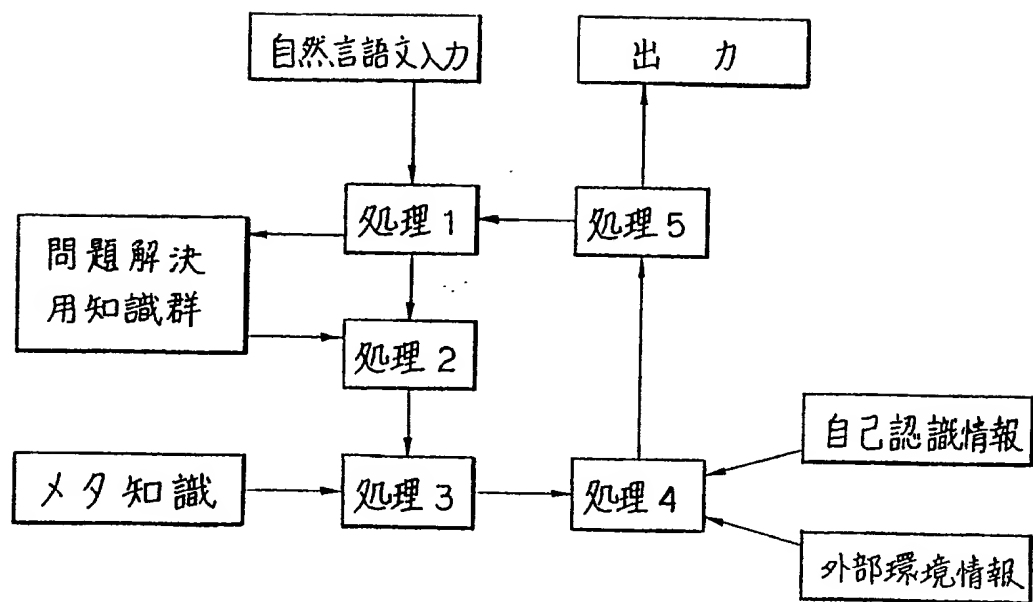
上記動作プログラムに示した処理手順に従って問題解決を行うと共に、

生成した動作プログラムを記憶して保存し、該動作プログラムに示す処理手順と同様の処理手順で問題解決を行うことが可能な問題に対して、上記保存した動作プログラムに従って問題解決を行うことを特徴とするロボット制御方式。

## 第 1 図



## 第 2 図



## 第 3 図

- 1) 条件-結果関係型 (もし「A」ならば「B」である)  
もし 「連続雨量が300mm以上」  
ならば 「この先の道路は通行止め」 である
- 2) 目的-手段関係型 (「A」する為には「B」しなければならない)  
「道路を閉鎖」 する為には  
「バリケードを設置」 しなければならない
- 3) 時間・順序関係型 (「A」することは「B」してから「C」することである)  
「バリケードを設置」 することは  
「道路上にバリケードを運搬」 してから  
「バリケードを地面に固定」 することである

4/11

## 第 4 図

ルールタイプ	メ タ 知 識
無条件非実行動作命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの右辺をゴールとする新しいルールを、 知識ベース中から検索しなければならない。
無条件実行動作命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの右辺を直ちに実行しなければならない。
条件付非実行動作命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの条件を確認した後、 ルールの右辺をゴールとする新しいルールを、 知識ベース中から検索しなければならない。
条件付実行動作命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの条件を確認した後、 ルールの右辺を直ちに実行しなければならない。
無条件実行確認命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの右辺を直ちに実行し、 その結果が偽であれば、 結果を真に変化させることが可能であるような 問題解決を行なわなければならない。
条件付実行確認命令型	ルールの左辺を達成するためには、 ルールの条件を確認した後、 ルールの右辺を直ちに実行し、 その結果が偽であれば、 結果を真に変化させることが可能であるような 問題解決を行なわなければならない。

## 第 5 図

スロット名	スロットの内容
位 置 ス ロ ッ ト	ロボットの位置を絶対座標で格納
向 き ス ロ ッ ト	ロボットの向きを格納
持 物 ス ロ ッ ト	現在ロボットが何をどれだけ持っているかを格納
場 面 ス ロ ッ ト	現在ロボットがいる場面について格納
ゴ ール ス ロ ッ ト	現在処理中のゴールを格納

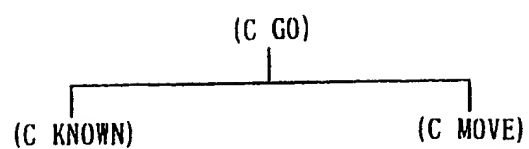
5/11

## 第 6 図

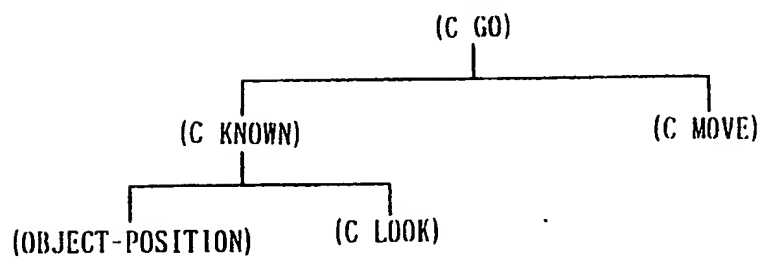
(a)

(C GO)

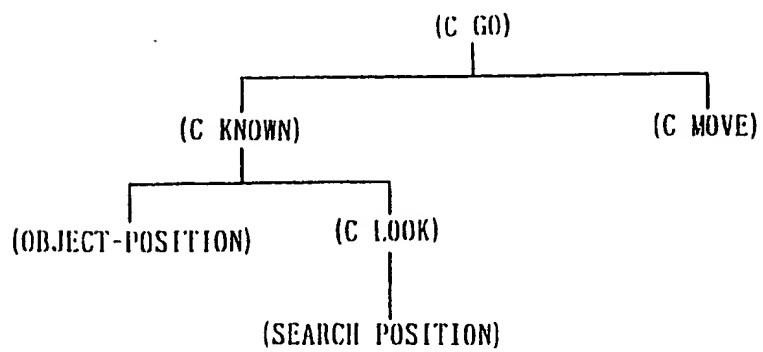
(b)



(c)

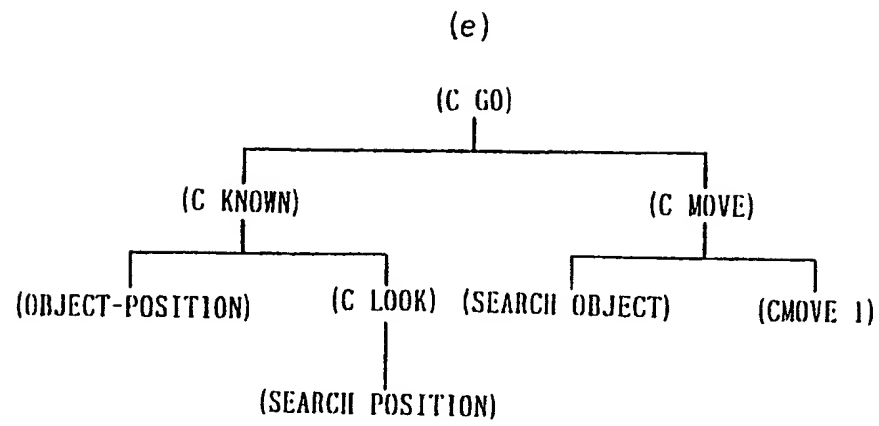


(d)

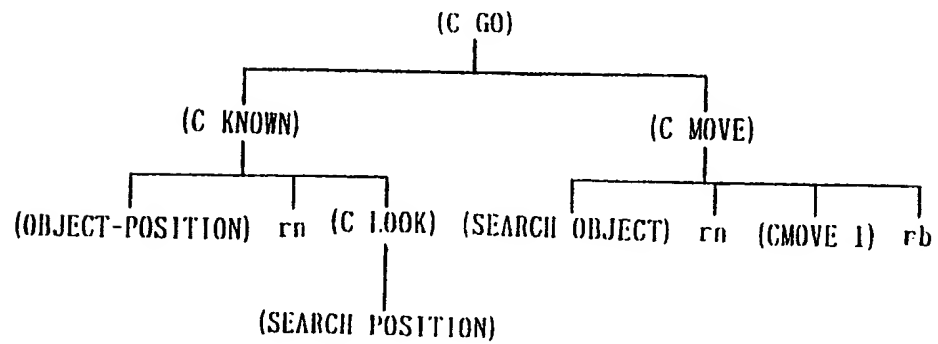


6/11

## 第 6 図

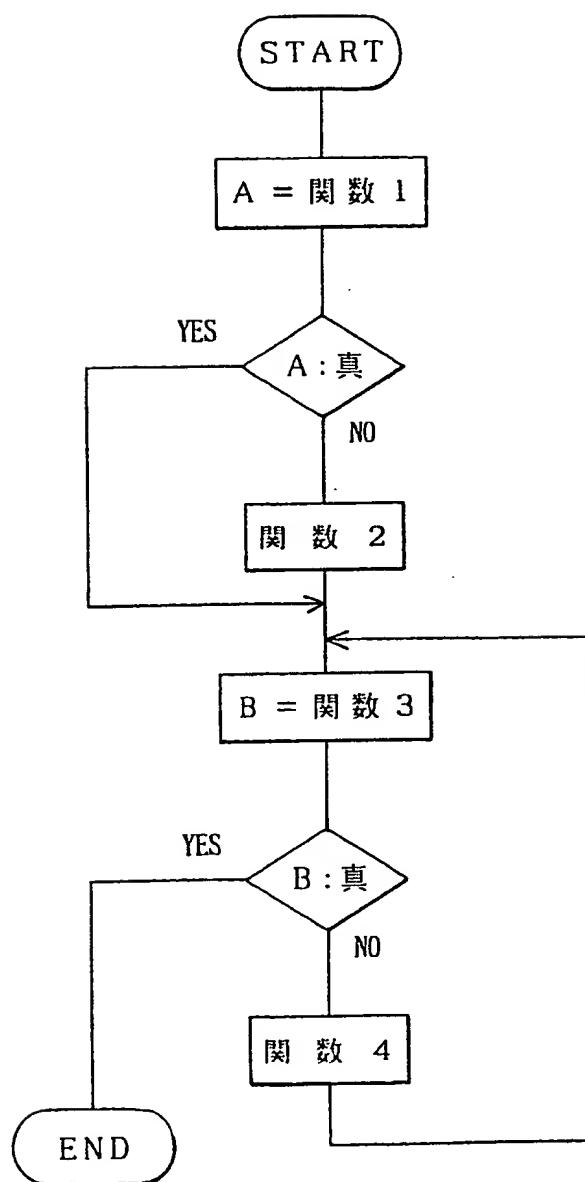


## 第 7 図





## 第 8 図



8/11

## 第 9 図

制御情報: (RETURN-TO-NEXT [num])
種 別: ジャンプ命令
機 能: この制御情報の直前には実行関数がなければならない。その実行関数を評価した結果が nil 以外以外の場合に限り、前方の最も近い所にあるラベル ([num]) へジャンプする (先に進む)。
制御情報: (RETURN-TO-BEFORE [num])
種 別: ジャンプ命令
機 能: 後方の最も近い所にあるラベル ([num]) へ常にジャンプする。 (後に戻る)。
制御情報: (RETURN-FOR-TAG)
種 別: ジャンプ命令
機 能: この制御情報の直前には実行関数がなければならない。その実行関数を評価した結果が nil の場合に限り、前方の最も近い所にあるラベル (TAG) へジャンプする (先に進む)。
制御情報: ([num])
種 別: ラベル
機 能: ジャンプ先の位置を表す。同じラベルがあってもよく、その場合は最も近いものを選択される。
制御情報: (TAG)
種 別: ラベル
機 能: ジャンプ先の位置を表す。同じラベルがあってもよく、その場合は最も近いものを選択される。
制御情報: (OR START [num])
種 別: ラベル
機 能: 多肢分岐ブロックの始まる位置を表す。同じラベルがあってはならない。
制御情報: (OR SUB [num-A] [num-B])
種 別: ラベル
機 能: 多肢分岐ブロックの中の一つの実行部の始まる位置を表す。 [num-A] は最も内側の OR START の [num] と同じであり、その中の何番目かを [num-B] で表す。同じラベルがあってはならない。
制御情報: (OR SUB END [num])
種 別: ラベル
機 能: 多肢分岐ブロックの中の一つの実行部の終わる位置を表す。 [num] はこれと対になる OR SUB の [num-A] と同じである。同じラベルがあってはならない。
制御情報: (OR END [num])
種 別: ラベル
機 能: 多肢分岐ブロックの終わる位置を表す。 [num] はこれと対になる OR START の [num] と同じである。同じラベルであってはならない。

## 第 1 〇 図

(a)

実行関数名 : ANSWER 概 要 : 引数の評価結果を、ロボットの応答欄に出力する。
実行関数名 : CHECK BUTTON 概 要 : エレベータのボタンが押してあるかどうか確認する。
実行関数名 : CHECK IMI 概 要 : 2つの物体が同じ意味であるかどうか確認する。
実行関数名 : CHECK KAKATTEIRU 概 要 : ある物体を限定するような何かが係っているかどうか確認する。
実行関数名 : CHECK REFERENCE 概 要 : ある物体を限定するようなデータがないかどうか確認する。
実行関数名 : CHECK SCENE 概 要 : ロボットの現在位置を確認する。
実行関数名 : CHECK TREE 概 要 : ある問題解決木から特定のゴールに関する部分を抜き出す。
実行関数名 : CMOVE 1 概 要 : 水平方向に移動する。
実行関数名 : JOUTAI YOMU 概 要 : 入力文から状態を読み取る (知識検索)。
実行関数名 : SEARCH MAP 概 要 : 引数で与えられた座標に何があるかを見る。
実行関数名 : OPERATE OBJECT 概 要 : 物体を操作する (物体の所持する関数を起動する)。
実行関数名 : PUSH BUTTON 1 概 要 : エレベータのボタンを押す。

10/11

## 第 1 〇 図

(b)

実行関数名 : PUT IN 概 要 : 物体に何かをいれる。
実行関数名 : SCAN SITUATION 概 要 : 物体の状態を認識する。
実行関数名 : SEARCH BASE 概 要 : ベースを検索する。
実行関数名 : SEARCH HAVE 概 要 : ロボットの持ち物を確認する。
実行関数名 : SEARCH OBJECT 概 要 : 物体が (指定距離に) あるかどうかを確認する。
実行関数名 : SEARCH POSITION 概 要 : 物体の位置を確認する。
実行関数名 : SEARCH SITUATION 概 要 : 物体の存在を確認する。
実行関数名 : STOP THIS RULE 概 要 : 問題解決を中断する。
実行関数名 : TAKE UP 概 要 : 物体を取り上げる。
実行関数名 : WAIT 概 要 : “待ち” の関数 (ダミー、何もしない) 。
実行関数名 : DO NOTHING 概 要 : “待ち” を解決するかどうかを確認する。
実行関数名 : EXIT NOTHING 概 要 : “待ち” を解決するためのフラグを発生する。

## 第 1 1 ☒

メタ関数名 : CLEAR RULE

概 要 : 引数としてゴールを受け取り、それに対して問題解決を行ない、フローチャートにしてもとのフローチャートにはめ込む(実行する)。あらかじめゴールがわかっているのではなく、フローチャート実行時に、一般の知識検索など、いくつかの実行関数を評価した結果としてゴールが得られる場合に用いる。

メタ関数名 : SEARCH RULE

概 要 : 引数としてゴールを受け取り、それに対して問題解決を行なう。得られた問題解決木は指定場所に保管し、もとのフローチャートへのはめ込み(実行)は行なわない。CLEAR RULEと同様、フローチャート実行中に得られるゴールを引数として割り込み(問題解決)を行なうが、更にその問題解決結果(問題解決木)に何らかの処理を加えたいときなどに用いる。

メタ関数名 : JIKKOU

概 要 : 引数として問題解決木を受け取り、フローチャートにした後、もとのフローチャートにはめ込む(実行する)。SEARCH RULE とセットで用いられる。SEARCH RULE によって問題解決木を得、その問題解決木を処理したあと、実行する際にこのメタ関数を用いる。

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP91/00051

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup> According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC <div style="margin-top: 10px;">Int. Cl<sup>5</sup> G05B13/02</div>														
<b>II. FIELDS SEARCHED</b> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Minimum Documentation Searched <sup>7</sup></div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th style="width: 30%;">Classification System</th> <th>Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">IPC</td> <td style="padding: 5px;">G05B13/02, G06F9/44</td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 10px; font-size: small;">Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup></div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Jitsuyo Shinan Koho</span> <span>1971 - 1990</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</span> <span>1971 - 1990</span> </div> </div>			Classification System	Classification Symbols	IPC	G05B13/02, G06F9/44								
Classification System	Classification Symbols													
IPC	G05B13/02, G06F9/44													
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category <sup>9</sup></th> <th style="width: 60%;">Citation of Document, <sup>11</sup> with Indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup></th> <th style="width: 30%;">Relevant to Claim No. <sup>13</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="vertical-align: top;">JP, A, 62-208133 (Shigeo Ishii), September 12, 1987 (12. 09. 87)</td> <td style="vertical-align: top;">1, 2, 3, 4, 5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="vertical-align: top;">JP, A, 62-293352 (Hitachi, Ltd.), December 19, 1987 (19. 12. 87)</td> <td style="vertical-align: top;">1, 2, 3, 4, 5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="vertical-align: top;">JP, A, 63-233433 (NEC Corp.), September 29, 1988 (29. 09. 88)</td> <td style="vertical-align: top;">1, 2, 3, 4, 5</td> </tr> </tbody> </table>			Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with Indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>	Y	JP, A, 62-208133 (Shigeo Ishii), September 12, 1987 (12. 09. 87)	1, 2, 3, 4, 5	Y	JP, A, 62-293352 (Hitachi, Ltd.), December 19, 1987 (19. 12. 87)	1, 2, 3, 4, 5	Y	JP, A, 63-233433 (NEC Corp.), September 29, 1988 (29. 09. 88)	1, 2, 3, 4, 5
Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with Indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>												
Y	JP, A, 62-208133 (Shigeo Ishii), September 12, 1987 (12. 09. 87)	1, 2, 3, 4, 5												
Y	JP, A, 62-293352 (Hitachi, Ltd.), December 19, 1987 (19. 12. 87)	1, 2, 3, 4, 5												
Y	JP, A, 63-233433 (NEC Corp.), September 29, 1988 (29. 09. 88)	1, 2, 3, 4, 5												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>														
<b>IV. CERTIFICATION</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">           Date of the Actual Completion of the International Search  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 10, 1991 (10. 05. 91)</div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">           Date of Mailing of this International Search Report  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 20, 1991 (20. 05. 91)</div> </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">           International Searching Authority  <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">Japanese Patent Office</div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">           Signature of Authorized Officer  <div style="height: 40px;"></div> </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 10, 1991 (10. 05. 91)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 20, 1991 (20. 05. 91)</div>	International Searching Authority <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">Japanese Patent Office</div>	Signature of Authorized Officer <div style="height: 40px;"></div>								
Date of the Actual Completion of the International Search <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 10, 1991 (10. 05. 91)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">May 20, 1991 (20. 05. 91)</div>													
International Searching Authority <div style="margin-top: 10px; text-align: center;">Japanese Patent Office</div>	Signature of Authorized Officer <div style="height: 40px;"></div>													

国 際 調 査 報 告

国際出願番号PCT/JP 91/ 00051

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC)		
Int. Cl. <sup>4</sup> G 0 5 B 1 3 / 0 2		
II. 国際調査を行った分野		
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料		
分 類 体 系	分 類 記 号	
I P C	G 0 5 B 1 3 / 0 2 , G 0 6 F 9 / 4 4	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1971-1990年 日本国公開実用新案公報 1971-1990年		
III. 関連する技術に関する文献		
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
Y	JP, A, 62-208133 (石井素夫), 12. 9月. 1987 (12. 09. 87)	1, 2, 3, 4, 5
Y	JP, A, 62-293352 (株式会社 日立製作所), 19. 12月. 1987 (19. 12. 87)	1, 2, 3, 4, 5
Y	JP, A, 63-233433 (日本電気株式会社), 29. 9月. 1988 (29. 09. 88)	1, 2, 3, 4, 5
<p>※引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  「O」口頭による開示、使用、展示等に関する文献  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  「&amp;」同一パテントファミリーの文献</p>		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日 10. 05. 91	国際調査報告の発送日 20.05.91	
国際調査機関 日本国特許庁 (ISA/JP)	権限のある職員 特許庁審査官 板橋通孝	5 H 8 9 3 8

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**